Untersuchungen

über

die Giftigkeit der Exspirationsluft.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

der

hohen medicinischen Facultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Julius Beu

approb. Arzt aus Rostock (Ribnitz).

Rostock.

Carl Boldt'sche Hof-Buchdruckerei.

1893.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553619_0181

Die Ansicht, dass durch das Zusammensein vieler Menschen verschlechterte Binnenluft schädlich für die menschliche Gesundheit sei, ist wohl von jeher allgemein verbreitet gewesen.

So hat vor allem der Umstand, dass in überfüllten Räumen, Theatern, Concertsälen, Tanzböden usw. oft erhebliche Störungen des Allgemeinbefindens, Beklemmung, Uebelkeit, ja, selbst Ohnmacht sich einstellen, zu den verschiedensten Vermuthungen über die Ursache dieser Erscheinungen Anlass gegeben.

Während einige dieselben auf die erhöhte Temperatur und den vermehrten Feuchtigkeitsgehalt (Beeinträchtigung der Wärmeregulirung des Körpers durch Strahlung und Verdunstung) zurückführten, glaubten andere dem hohen CO_2-Gehalt die Schuld beimessen zu müssen.

Da machte im Jahre 1870 Ransome[1] auf die Anwesenheit organischer Substanz unbekannter Natur in der Ausathmungsluft gesunder Menschen und Thiere aufmerksam, deren Menge er mit Permanganat auf 0,2 g pro die bestimmte. Auch Uffelmann[2] zeigte mit Hülfe der Chamäleonreaction, dass bei mehrstündigem Aufenthalt mehrerer Personen in geschlossenem Raume (salubres Schlafzimmer) der Gehalt an organischer Substanz in annähernd dem gleichen Maasse wie der Kohlensäuregehalt steige.

---

[1] Journal of Anatomy and Physiol., 1870 Vol. IV.

[2] Archiv f. Hyg. B. VIII S. 335.

Seegen und Novak[1] gaben denselben Befund an, wie Ransome, da sie bei Respirationsversuchen Thiere durch ihre eigenen „giftigen" flüchtigen Auscheidungsproducte erkranken und sterben sahen und auch durch Glühen mit Kupferoxyd zerstörbare, also offenbar organische Substanz in der Exspirationsluft fanden.

Im schroffsten Gegensatz zu diesen Resultaten stand Hermanns[2], der jede Existenz organischer Stoffe in der Exspirationsluft ableugnete, da er solche, wenn auch zwei Menschen bis zu vier Stunden in einem engen, geschlossenen Luftraume von 1,6 cbm verweilt hatten, durch keine seiner Methoden finden konnte. Die einzige Wirkung des Einsperrens in diesem Raume bestand nach ihm in geringen Veränderungen von Puls- und Athemfrequenz.

An dieser Stelle erscheint es mir von Wichtigkeit, die Frage zu ventiliren, was für Substanzen überhaupt in der Exspirationsluft vorkommen können. Abgesehen von zufällig in derselben vorhandenen flüchtigen, aus der Mundhöhle stammenden Stoffen, wie Phosphor, Alkohol, aeth. Oele, Campher, Pyridin u. a., ist an die brennbaren Gase H und CH_4 zu denken, welche im Darm der Omnivoren und besonders der Herbivoren durch Gährung entstehen und nach Ruge[3] und Tappeiner[4] hauptsächlich aus der eingeführten Cellulose stammen. Das Vorhandensein brennbarer Gase in der Luft, in welcher Menschen und Thiere längere Zeit verweilt hatten, konnte man schon nach den von Regnault und Reiset[5], Pettenkofer und Voigt[6] angestellten Untersuchungen über den Gesammtgaswechsel als unzweifelhaft annehmen, das Vorkommen derselben in der Exspirationsluft stellte

---

[1] Pflügers Archiv für Physiologie. XIX. S. 347. 1879.
[2] Arch. f. Hyg. B. I S. 1 u. 30, 31.
[3] Sitzungsber. d. Wiener Akad. XLIV, S. 734.
[4] Zeitschr. f. Biologie XX, S. 52. 1884.
[5] Annal. chim. phys. [3] 24. 1849.
[6] Annal. Chem. Pharm. 2. Supplbd. pag. 123.

indes erst Tacke[1] durch seine Versuche mit Kaninchen fest. Nach ihm scheiden diese Thiere beträchtliche Mengen brennbarer Gase allein auf dem Wege durch Blut und Lunge aus, während die Menge der per anum den Körper verlassenden Gase viel geringer ist.

Was nun die Bedeutung des Grubengases (der indifferente Wasserstoff kommt nicht in Betracht) für den thierischen Organismus anbetrifft, so haben Respirationsversuche[2] mit diesem Gase keine Beeinflussung von Athmung und Blutcirculation ergeben[3], [im Darm soll seine Anwesenheit die Peristaltik befördern].

Ferner hat man vielfach Spuren von Ammoniak in der Exspirationsluft gefunden[4], dessen Vorkommen indes, da Versuche mit nephrotomirten Thieren, denen kohlensaures Ammon eingespritzt war, keine Ausscheidung desselben durch die Lungen, auch keinen Ammoniakgehalt des Blutes ergaben[5], wohl auf seine Entstehung in der Mundhöhle (bei schadhaften Zähnen) zurückzuführen ist.

Jedenfalls ist diese Substanz in der exspirirten Luft da, wo sie wirklich gefunden wurde, von so geringer Menge, dass auch ihr kein wesentlicher Einfluss auf die Gesundheit des thierischen Organismus zugeschrieben werden kann. Dasselbe gilt wohl vom Aceton, welches

---

[1] Ber. d. d. chem. Gesellschaft. XVII, S. 1829. 1884.

[2] E. Herter. Annal. d. Thier-Chemie. B. XVII, S. 383.

[3] vergl. auch: Paul Bert: Unschädlichkeit der schlagenden Wetter. Compt. rend. soc. biolog. 1885.

[4] Literatur: Regnault u. Reiset, Recherches sur la respiration des animaux p. 207; Thiry, Ztschr. f. rat. Med. (3) XVII S. 166. Zabelin. Annal. der Chem. u. Pharm. LXXX, S. 54; Kühne u. Strauch, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1864, S. 561 u. 577; Lossen, Ztschr. f. Biologie I, S. 207; Reuling, über den Ammoniakgehalt der exspirirten Luft. Giessen 1854; Schotin, Archiv f. physiol. Heilk. XII, S. 170. Hubert Grouven, zweiter Ber. über d. agriculturchem. Versuchsstation zu Salzmünde, S. 119, Berlin 1864; M. Bachl, Ztschr. f. Biologie V, S. 61, 1869.

[5] Rosenstein, Virchow's Archiv LVI, S. 383.

in der Ausathmungsluft der Zuckerdiabetiker von C. le Nobel[1] sicher nachgewiesen worden ist.

Auf Grund unserer eben angestellten Betrachtungen muss also noch an ein anderes Agens in der Exspirationsluft gedacht werden, will man den Seegen und Novak'schen Berichten Glauben schenken. Welcher Natur dieser unbekannte giftige Körper sei, konnte auch von den folgenden Beobachtern, Brown-Séquard und d'Arsonval[2], welche im Jahre 1887 u. 88 mit der Veröffentlichung einer Reihe von sehr bemerkenswerthen Ergebnissen hervortraten, nicht beantwortet werden. Nach ihnen wird von den Lungen ein sehr heftig wirkendes Gift secernirt, welches mit der Exspirationsluft entweicht.

Sie stellten dasselbe dar, indem sie einem tracheotomirten Hunde destillirtes Wasser in die Trachea schütteten und dasselbe aushusten liessen (lavage du poumon) oder die Exspirationsluft von Menschen oder tracheotomirten Hunden durch in Eis liegende, spiralig gewundene Glasröhren condensirten. Dadurch erhielten sie eine klare Flüssigkeit von alkalischer Reaction, welche Silbernitrat reducirte. Dieselbe wirkte sterilisirt wie unsterilisirt bei Thieren als heftiges Gift in jeder Form der Einverleibung, oral, rectal, subcutan, intravenös und intraperitoneal. Die Ergebnisse der von ihnen angestellten Thierexperimente waren in der That recht in die Augen fallend. Von 11 Kaninchen, deren jedes eine Dosis von 5,8—30 ccm ins Blut injicirt erhielt, starben 8, das Befinden der anderen wurde stark alterirt; von 7 weiteren Versuchsthieren, denen bis zu 44 ccm Flüssigkeit subcutan injicirt wurde, gingen 5 im Verlaufe von 24 Stunden zu Grunde. Die Vergiftungssymptome bezogen sich 1) auf die Respiration: bald beschleunigt, bald verlangsamt, 2) die Herzbewegung: zumeist anfangs unverändert,

[1] Ztschr. f. klin. Med. VIII, 191—215 u. 302—327.

[2] Comptes rendus 1888, p. 33, u. Société de Biologie 1888, p. 90.

spätere Zeit nach dem Versuche stark beschleunigt, 3) die Körpertemperatur: nur zuweilen erniedrigt, 4) die Motilität: Lähmungen besonders der Hinterextremitäten, 5) die Pupillen: bei kleinen Dosen Erweiterung, bei grossen Verengerung, endlich 6) den Digestionsapparat: in fast allen Fällen Koliken und Diarrhöe.

Den angeführten auffälligen Erscheinungen entsprach auch der Sectionsbefund: vermehrte Blutfülle der Intestina, ausgebreitete Ecchymosen und Hämorrhagien an Lungen und Darm.

Nun bemächtigte sich eine Reihe von Forschern dieses Stoffes. Doch konnte auch kein einziger von ihnen die Brown-Séquard'schen Befunde irgendwie bestätigen.

Dastre und Loy[1] condensirten die von einem tracheotomirten Hunde exspirirte Luft. Das auf Körpertemperatur erwärmte Condenswasser wurde bei Kaninchen bis zu 75 ccm intravenös und subcutan injicirt, ohne Erscheinungen zu machen.

Bei 3 weiteren Versuchen mit Kaninchen trat bei Anwendung grosser Mengen Condensflüssigkeit (190 ccm) allerdings der Tod ein; doch ergaben die Controlversuche mit gleich grossen Mengen destillirten Wassers dasselbe Resultat, so dass die Beobachter den Tod auf die Einführung der grossen Mengen Wassers beziehen mussten.

Zu derselben Anschauung gelangte Hoffmann-Wellendorf[2], welcher bei der Condensation die Vorsichtsmassregel gebrauchte, die exspirirte Luft durch einen eingeschalteten Wattetampon zu filtriren und so von Keimen und mitgerissenem Speichel zu reinigen. Seine Injectionen mit auf 37°C erwärmter Condensflüssigkeit bei Kaninchen lieferten gleichfalls ein negatives Resultat, während die Verwendung der gleichen Menge kalter Condensflüssigkeit oder kalten Wassers das Befinden der Versuchsthiere schwer beeinträchtigte.

---

[1] Société de Biologie 88.

[2] Wiener Klin. Wochenschrift 88, No. 37.

Nicht anders lauteten die Berichte von Russo-Giliberti und Alessi[1], welche ihre Injectionsflüssigkeit gleichfalls auf dem Wege der Condensation — Aufstellen von weiten mit Eis umgebenen Glasschalen in fest abgeschlossenen Schulzimmern während des Unterrichts — erhielten.

Zuletzt arbeiteten noch K. B. Lehmann und Jessen[2] mit möglichst getreuer Nachahmung des Brown-Séquard'schen, von ihnen als „barbarisch und wenig wissenschaftlich" bezeichneten Verfahrens der „Lungenausspülung", und zwar mit völlig negativem Resultat, um dann zu anderen Methoden überzugehen, von denen besonders zwei Versuche interessiren, einmal die Wirkung der Inhalation des wieder verdampften Condenswassers auf den Menschen, zweitens, in strenger Scheidung von der Exspirationsluft, der freilich wenig appetitliche Versuch, den Einfluss der eingeathmeten Ausscheidungsproducte von der übrigen Körperoberfläche auf das Befinden des Menschen festzustellen. Beide Experimente fielen negativ aus. Die Beobachter inhalirten persönlich bis zu zwei Stunden, ohne eine Einwirkung auf ihr Allgemeinbefinden zu verspüren; die Ausdünstung eines mit durchschwitzter Kleidung und beschmutzter Haut in einem Zinkkasten derartig eingeschlossenen Arbeiters, dass nur Mund und Nase aussen befindlich, wurde von Kindern stundenlang ohne Störung ihres Befindens aus dem Kasten herausgeathmet.

Neben diesen hauptsächlich nach der toxikologischen Seite hin angestellten, negativ verlaufenen Beobachtungen versuchte es Würtz 1888[3], der chemischen Natur des unbekannten Körpers näher zu treten. Während dieser Autor durch sein Verfahren (Exspiriren durch eine verdünnte Oxalsäurelösung, Sättigung der Säure mit Calciumcarbonat, Zusetzen von HCl zum Filtrat) aus der Exspira-

[1] Bolletino della Società d'igiene di Palermo 88, Nr. 9.
[2] Archiv f. Hyg. Band X.
[3] Comptes rendus 1888.

tionsluft das Chlorhydrat einer Base darstellte, welche durch Bouchardat'sches Reagens und Kaliumquecksilberjodid gefällt wird und eine Chlorplatinverbindung eingeht, (im letzteren Falle kann man bei der zweifellos in der exspirirten Luft möglichen Anwesenheit von NH_3 an eine Ammonplatinchloridverbindung denken) wollte dies Anderen (Lehmann und Jessen) nicht gelingen. Ja, es konnte nicht einmal auf die Frage, ob überhaupt organische Substanz in der Exspirationsluft vorhanden sei, eine sichere Antwort gegeben werden.

Da bemächtigte sich in jüngster Zeit Merkel[1] des Themas zu recht eingehenden und umfangreichen Untersuchungen. Gegenüber seinen Vorgängern bediente sich dieser Beobachter ungefähr der 15fachen Menge der bis dahin in Anwendung gekommenen Luft; doch konnte auch er trotz der grossen zur Injection verwendeten Menge seiner Condensationsflüssigkeit keine toxische Wirkung auf Thiere, wie Brown-Séquard, erreichen. Die Annahme, dass bei der Condensation der Exspirationsluft die vielleicht sehr flüchtigen ‚Toxine' verloren gingen, bewog ihn zu einem dem Würtz'schen ähnlichen Verfahren, indem er, statt wie jener durch Oxalsäure, durch Salzsäure exspirirte, mit der Idee, die organ. Substanz an diese zu binden, was ihm auch gelang. Doch waren die Mengen des dargestellten ‚Salzes' so gering, dass eine weitere Feststellung der chemischen Eigenschaften unmöglich war. Auch das Thierexperiment mit dem durch Neutralisation wieder aus seiner Verbindung gelösten Körper verlief mit negativem Resultat. In seinem Resumé am Schlusse seiner Arbeit heisst es:

Die Exspirationsluft gesunder Menschen und Thiere enthält flüchtige organische Substanzen in äusserst geringer Menge. Es handelt sich mit sehr grosser Wahrscheinlich-

---

[1] Archiv f. Hyg. Band XV.

keit um eine Base, welche in ihrem flüchtigen Zustande giftig ist.

Geht sie eine Verbindung mit Säuren etc. ein, so verliert sie ihre Giftigkeit.

Merkel glaubt also die Giftigkeit der in der Expirationsluft enthaltenen organ. Substanz annehmen zu müssen, ohne indes einen weiteren Anhalt für seine Ansicht zu haben, als das Ergebniss eines gewissen Brown-Séquard'schen Thierexperiments, welches auch Merkel wiederholt angestellt hat, und das darin besteht, Thiere durch die Exspirationsluft anderer Thiere — derselben oder auch anderer Gattung — zu vergiften. Die Beschreibung dieses nach der Ansicht des Verfassers nicht ganz einwandsfreien Versuches wird unten erfolgen.

Bei diesem Stande der Frage erschien es mir zunächst am wichtigsten, mich mit der von Würtz, Lehmann und Jessen unentschieden gelassenen Frage: Enthält die Exspirationsluft überhaupt organische Substanz? zu beschäftigen. Ich muss dieselbe, gleich Merkel, in Rücksicht auf das Resultat meiner mit möglichster Genauigkeit und peinlichster Vermeidung jeder Fehlerquelle vorgenommenen Experimente entschieden bejahen.

Ich bediente mich zunächst der fast von sämmtlichen Beobachtern gewählten Methode der Condensation der Exspirationsluft.

Versuch[1]: Durchathmung (wie bei gewöhnlicher Athmung) durch eine in einem Eisbehälter liegende 1,20 m lange, mässig weite Glasröhre. Die Glasröhre ist vor dem Versuche ausgeglüht und durch Ausspülen mit Kalipermanganat und Nachspülen mit destillirtem Wasser von jeder Spur etwa anhaftender organischer Substanzen gereinigt. Einer Verunreinigung durch Mundflüssigkeit ist durch das Vorlegen einer Wulff'schen Waschflasche, welche zur Verhütung einer vorzeitigen Condensation der hindurchstreichenden Luft in einem Wasserbade von 37° C steht, vorgebeugt. Die

[1] S. Tafel, Fig. 1.

Waschflasche wie auch das Aufnahmegefäss sammt allen in Anwendung kommenden Kautschukröhren und Stopfen sind im Dampfkochtopf sterilisirt und hernach mit Kalipermanganat und aq. dest. gespült.

Um die Quantität der durchgeathmeten Luft zu bestimmen, steht der Apparat noch mit einer Gasuhr[1] in Verbindung.

Die von mir selbst in 8 Stunden durchgeathmete Luftmenge betrug 3000 Liter. Ich erhielt — in Uebereinstimmung mit den Versuchen früherer Beobachter — eine Condensflüssigkeit von etwa 100 ccm.

Dieselbe, frisch gewonnen untersucht, war wasserklar, und zeigte bei Abnahme des Stöpsels einen eigenthümlichen, nicht unangenehmen Geruch, der nach einigen Tagen des Aufbewahrens moderig, schwammig wurde.

Auf Zusatz von Nessler'schem Reagens zeigte sich eine recht deutliche Ammoniakreaction: Chlor war durch argent. nitricum nicht nachweisbar.

Die Untersuchung auf organische Substanz mit Kalipermanganat und Schwefelsäure ergab, dass 10 Tropfen = 0,5 g einer 0,395 ‰igen Kalipermanganat-Lösung zur Oxydation von 20 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit verbraucht wurden. Nach dem im ganzen 5 Minuten dauernden Erhitzen im Porzellantiegel blieb noch eine leicht röthliche Färbung bestehen. Die ganze Menge der gewonnenen Condensflüssigkeit enthielt also, da 1,0 ccm Permanganat etwa 2 mgr organ. Substanz entspricht, 5 mgr organ. Substanz.

Durch weitere Berechnung:

100 ccm Cond.-Flüssigkeit = 3000 l Luft = 8 Stunden = 5 mg organ. S.

300 ccm Cond.-Flüssigkeit = 9000 l Luft = 24 Stunden = 15 mg organ. S.

---

[1] Dieselbe wurde mir vom Director der hiesg. Gasanstalt, Herrn Lesenberg, in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt, wofür ich dem Herrn an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausdrücke.

finde ich, dass im ganzen 15 mg organ. Subst. pro die von mir ausgeathmet werden, was einer Menge von 0,0017 mg pro Liter Exspirationsluft entspricht.

Was den Charakter der organischen Substanz betrifft, so fielen die Alkaloidreactionen mit verschiedenen Reagentien, wie Goldchlorid, Jodjodkalium, Phosphormolybdänsaur. Kali negativ aus.

Versuch: Zur Darstellung des Salzes construirte ich mir einen dem Merkel'schen ähnlichen Apparat, der so eingerichtet ist, dass die Exspirationsluft durch eine abgemessene, verdünnte Salzsäuremenge hindurchgeleitet wird. Ein Messcylinder von 300 ccm Inhalt ist mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen fest verschlossen. Durch eines der Löcher führt eine Glasröhre bis auf den Boden des bis zur Hälfte mit HCl-Lösung gefüllten Cylinders. Im anderen Loche steckt ein kurzes Glasrohr, welches zu einem mit Chlorcalcium gefüllten Gefässe, dann zu einer Gasuhr führt. Vor dem Messcylinder ist eine Wulff'sche Flasche eingeschaltet: beide stehen in einem Wasserbade von 37° C. Auch dieses Experiment wird mit möglichster Vermeidung aller Fehlerquellen, Auskochen und Ausspülen aller Gefässe, Röhren und Schläuche mit Permanganat und Aqua dest. vorgenommen. I. Hindurchgeblasen werden vom Verfasser selbst 500 l Exspirationsluft durch 150 g einer 1%igen Salzsäurelösung. Nach dem Durchathmen wird die gesammte Flüssigkeit auf dem Wasserbade zur Trockene verdampft. Es bleibt ein gelbbräunlicher Rückstand, während bei dem zur Controle vorgenommenen Abdampfen der gleichen Menge gleichprocentiger HCl so gut wie keiner erhalten wird.

Der Erstere wird in sterilisirtem dest. Wasser aufgenommen und bildet auf der Oberfläche der leicht gelblichen Flüssigkeit eine fettartige Haut.

Die ganze Menge — 1,5 ccm — wird, auf Körpertemperatur erwärmt, einer Maus unter die Rückenhaut

injicirt, ohne dass irgend welche Erscheinungen sich hinterher bemerkbar machen. (Es muss bei diesem Versuche natürlich an die Möglichkeit einer Zersetzung der organ. Substanz sowohl durch die Säure als durch das Abdampfen gedacht werden.)

II. Durchathmen von 700 l Exspirationsluft durch 150 g einer 0,5%igen HCl-Lösung, Abdampfen auf dem Wasserbade: Der Rückstand ist etwas erheblicher als beim vorigen Versuche. Aufnahme desselben in Aq. dest. Die so erhaltene Flüssigkeit hat einen specifischen, mit nichts zu vergleichenden Geruch.

Alkaloidreaction: negativ. Chlorreaction: vorhanden.

Doch ist letztere für die Anwesenheit eines salzsauren Salzes nicht beweisend, da auch der Rückstand der reinen HCl auf Chlor reagirt. Da dieses Verhalten dasselbe bleibt, nachdem die beiden Rückstände im Trockenofen einer Temperatur von 120° C, bei welcher sich reine HCl völlig verflüchtigen muss, ausgesetzt wurden, so muss angenommen werden, dass die verwendete HCl nicht völlig chemisch rein war.

Ergiebt sich einerseits aus diesen Versuchen, dass wirklich organ. Substanz in der Exspirationsluft vorhanden ist, so ist andererseits doch deren Menge so gering gegenüber der Menge der exspirirten Luft, dass man wohl annehmen muss, es sei gerade diese Substanz weniger geeignet, die Luft eines Binnenraumes zu verschlechtern, als die übrigen Ausscheidungen des Körpers (Darmgase, Rulptus) oder der Körperoberfläche (flüchtige Fettsäuren usw.)

Versuch[1]: Eine in einem luftdicht verschlossenen Glasgefässe befindliche Maus inspirirt drei Stunden hindurch die von mir durch eine Glasröhre in das Gefäss hineingeathmete Luft von etwa 3200 Exspirationen. Für die Entfernung der Kohlensäure ist dadurch gesorgt, dass in dem zu einem Ballon ausgeblasenen Theile der in das Gefäss führenden Glasröhre Bimsteinstückchen, mit Kalilauge getränkt, eingeschaltet wurden: Das Befinden der Maus

[1] S Tafel, Fig. 2.

während der ganzen Zeit des Versuches war nicht sichtlich beeinflusst; sie frass, putzte sich sehr viel und schien sich in der warmen Luft sehr behaglich zu fühlen.

Ein zweiter derartiger Versuch, bei welchem die Maus ohne Vorkehrungen zur Entfernung der CO_2 die vom Verfasser exspirirte Luft direct einathmete, war gleichfalls, trotz vierstündigen Hindurchblasens, von negativem Erfolg.

Nach diesen sehr ermüdenden und völlig negativen Versuchen, die Giftigkeit der Exspirationsluft nachzuweisen, ging ich mit einigem Misstrauen an den zuerst von Brown-Séquard angestellten, von Merkel wiederholt nachgeahmten und im folgenden beschriebenen Thierversuch.

Versuche[1]: Vier durch paraffinirte Korke luftdicht verschlossene Glaskäfige, deren jeder ein Versuchsthier (weisse Maus) enthält, sind durch Glasröhren miteinander verbunden. Ein constanter, in Käfig 1 eintretender Luftstrom wird mittels eines Aspirators durch sämmtliche Käfige hindurchgesogen, so dass das in Käfig 1 befindliche Thier reine, die übrigen die von ihren Vorgängern verdorbene Luft zur Athmung erhalten.

I. Nach Verlauf von etwa 12 Stunden wurden sämmtliche Thiere elend, ohne dass ich besondere Erscheinungen als vermehrte Athemfrequenz wahrnehmen konnte. Nach 20 Stunden waren alle tod. Unter welchen Umständen und in welcher Reihenfolge die Thiere während der Nacht starben, habe ich nicht beobachtet. Höchst wahrscheinlich gingen sie in Folge der zu niedrigen Temperatur des ungeheizten Zimmers ($= + 8^0$ C) bei gleichzeitig erhöhtem Feuchtigkeitsgehalt der in den Käfigen befindlichen Luft (Condenswasser an den Innenwänden der Glasgefässe) zu Grunde.

II. Es werden vier weisse Mäuse in die Käfige gebracht. Der Apparat steht in einem geheizten Zimmer, das möglichst constant auf einer Temperatur von 14—16° C. erhalten wird.

[1] S. Tafel, Fig. 3.

Schon einige Stunden nach Einleitung dieses Versuches, während welcher Zeit 6 l Luft pro Stunde hindurchstrichen, konnte ich eine Veränderung der Respiration der beiden letzten Thiere constatiren. (240 gegen 180 des ersten Versuchsthieres pro Minute.) Die Athemfrequenz stieg in der späteren Zeit bei dem letzten Versuchsthiere bis auf 320 in der Minute.

Die vierte Maus erlag erst am 9. Tage, trotzdem ich die Menge der constant zugeführten Luft auf das geringe Maass von 3 l pro Stunde (gegen 15 l und mehr der früheren Beobachter) herabgesetzt hatte und täglich den luftdichten Verschluss der Gefässe controlirte.

Ausser der bedeutend beschleunigten Respiration war an den beiden letzten Thieren eine Abnahme der Lebhaftigkeit, ja, eine gewisse Somnolenz zu bemerken; doch konnte ich niemals Krämpfe oder sonst auffällige Erscheinungen beobachten.

Einige Stunden nach dem exitus der 4. zeigte die 3. Maus eine sehr verringerte Respiration, welche im Verlaufe weiterer Beobachtung auf etwa 40 herabsank. Das Thier wurde bewusstlos, lag endlich, stossweise athmend, auf einer Seite und bot den Anblick des nahen Todes. Nach dem Oeffnen der Käfige, wobei ein unerträglicher Geruch denselben entströmte, erholte sich das so befreite Thier in der Nähe des Ofens im Verlaufe von etwa zwölf Stunden vollständig.

Die zweite Maus, deren Befinden weniger alterirt war, zeigte sich bald nach dem Oeffnen ihres Käfigs munter.

Das Allgemeinbefinden der ersten Maus, welche gegen Ende des Versuches noch durch Auf- und Abklettern an der Glasröhre ihre Munterkeit bezeugte, schien in keiner Weise nachtheilig beeinflusst worden zu sein.

Die Beurtheilung dieses Versuches ist schwierig. Zwar bin ich zu demselben Endresultat gekommen wie Brown-Séquard und Merkel: die letzten Thiere sterben zuerst; doch kann ich mir den gewaltigen Unterschied der Zeit,

welche ich bis zur Beendigung des Versuches gebrauchte (9 Tage), im Vergleiche zu der von jenen gefundenen (8 ½—20 Stunden) nicht ohne weiteres erklären.

Zugestanden, dass die von jenen selbst eingeräumten, oft recht beträchtlichen Zeitdifferenzen bis zum Tode des letzten Versuchsthieres von manchen leicht verständlichen Umständen, von Wahl und Anzahl der Thiere, von der Menge der zugeführten Luft, von leicht eintretenden Zufälligkeiten in der Function des Aspirators, abhängig sein können, so ist die erwähnte Differenz doch zu gross, als dass ich, gleich jenen, unbedingt an die Einwirkung einer und derselben Noxe in allen Fällen glauben könnte.

Vielmehr lässt sich auch an andere das Leben der Thiere schädigende Einflüsse denken. Von diesen spielt nach meiner bei diesen Versuchen gemachten Erfahrung jede Temperaturschwankung nach unten hin eine grosse Rolle. Die an und für sich höchst empfindlichen Thiere (weisse Mäuse) sind gerade in den letzten Käfigen, deren Innenwände von Condenswasser triefen, der erkältenden Einwirkung einer nasskalten Luft ausgesetzt im Gegensatze zu den ersten Thieren, welche die nicht verdorbene, trockenere Luft zuerst bekommen. Durch Innehaltung einer gleichmässig warmen Zimmertemperatur gelang es mir eben, die Thiere so lange am Leben zu erhalten.

Mit dieser Annahme lässt sich auch ganz gut die von Brown-Séquard gemachte Wahrnehmung vereinigen, dass eine vor einem der Käfige eingeschaltete Säure (z. B. H_2SO_4) das Leben des betr. Thieres erhält, wenn ich nicht, wie jener, an eine unschädliche Verbindung der ‚giftigen' organischen Substanz mit der Säure, sondern einfach an eine Austrocknung der aus den ersten Käfigen kommenden Luft durch die Säure denke.

Aber auch nach einer anderen Seite hin lässt sich gegen die Deutung des Brown-Séquard'schen Versuches für die Giftigkeit der Exspirationsluft ein Einwand erheben: trotz des oft massenhaft aufgewendeten Materiales an

Versuchsthieren ist es dem genannten Autor doch nicht gelungen, auf diesem Wege so schnell Vergiftungserscheinungen zu erzeugen, dass sie den plötzlichen Ohnmachtsanfällen in überfüllten Räumen zur Seite gestellt werden könnten. Zieht man weiter noch in Betracht, dass nicht allein die Exspirationsluft der ersten Versuchsthiere, sondern auch die Ausdünstung von Körperoberfläche und Excrementen den Nachfolgern zugeführt werden, so kann es schliesslich fraglich erscheinen, welchem von all' diesen Momenten man das meiste Gewicht beilegen soll.

Versuch: Die Uffelmann'schen und Hermann'schen Versuche — Einsperren von Personen in einen geschlossenen Raum — regten mich zu folgendem Experimente an: Ich athmete aus einem luftdichtverschlossenen Kasten — derselbe communicirt, um Luftdruckdifferenzen beim Ein- und Ausathmen zu verhüten, mit einem Gummiballon, welcher gleichsam eine verschiebliche Wand des Kastens darstellt — das darin enthaltene Quantum Luft (12 l) so lange ein und aus, bis die Willensenergie, weiter aus dem Kasten zu athmen, der Erstickungsnoth unterlag. Es zeigte sich, dass das erwähnte Quantum nur $2\,^1/_2$ Minuten = 45 Inspirationen einen Zustand der Eupnoe gewährte. Die Fortsetzung des Versuches bewirkte eine stetig zunehmende Dyspnoe, die sich nach Verlauf von 5 Minuten bis zur Unerträglichkeit steigerte und die Abbrechung des Versuches erzwang. Das Allgemeinbefinden war alterirt. Die Erscheinungen bestanden in tieferen, stürmischen Inspirationen, der Puls stieg von 64 auf 80, ich verspürte ein starkes Oppressionsgefühl und einen heftigen Kopfschmerz, besonders an den Schläfen, der noch bis 10 Min. nach Beendigung des Versuches anhielt.

Versuch[1]: Bei der Wiederholung des vorigen Versuches entfernte ich die Kohlensäure durch vorgelegte Kalilauge Es währte die Eupnoe gleichfalls nur $2^1/_2$ Minuten. Auch diesen Versuch konnte ich nur bis zu

[1] S. Tafel, Fig. 4.

5 Minuten ausdehnen, wegen der gleich heftigen Dyspnoe. Kopfschmerz war kaum bemerkbar.

Bei diesen beiden Versuchen ist die Dyspnoe das in den Vordergrund tretende Moment, und nur als Folge des O-Mangels anzusehen.

Die Anwesenheit der CO_2 kommt erst in zweiter Linie in Betracht. Sie kann nach Angabe verschiedener Autoren (Friedländer, Herter etc.) in einem weit höheren Procentsatz, als sie in der Exspirationsluft vorkommt, vorausgesetzt einen nicht zu weit unter der Norm liegenden O-Gehalt der Inspirationsluft, längere Zeit, ohne hervorragende Symptome zu machen, eingeathmet werden. Ihrem Einflusse schreibe ich die Benommenheit und den Kopfschmerz zu.

Was die Wirkung der organ. Substanz bei diesem Versuche anbetrifft, so tritt sie diesen beiden wichtigsten Factoren der thierischen Athmung gegenüber jedenfalls ganz in den Hintergrund.

Hiermit schliesse ich meine Untersuchungen ab.

Eine acute Vergiftung durch die in der Exspirationsluft enthaltene organ. Substanz halte ich nach den Untersuchungen der letzten Beobachter (Lehmann und Jessen, Merkel), wie nach meinen eigenen, die ich leider nur in bescheidenem Umfange anstellen konnte, für unmöglich, zum wenigsten durch nichts erwiesen. Plötzliche Ohnmachtsanfälle in überfüllten Räumen, Concertsälen, Theatern etc. sind wohl, abgesehen von anderen Momenten, hoher Temperatur, hohem Feuchtigkeitsgehalt, fehlender Luftbewegung und daraus resultirender gestörter Wärmestrahlung, auf Rechnung einer individuellen Widerstandslosigkeit gegen die in dieser Luft enthaltenen Ekelstoffe zu setzen, was um so wahrscheinlicher ist, als aus einer grossen Zahl Anwesender doch immer nur einzelne Individuen betroffen werden. Jedenfalls ist diese Erklärung auch ohne Heranziehung von extremen Beispielen, wo an verfeinerte Lebensweise und an besonders feine Wohlgerüche gewöhnte

Personen beim Eintritt in eine schlecht ventilirte, mit üblen Gerüchen erfüllte Arbeiterwohnung von Ohnmachtsanfällen befallen werden, nicht von der Hand zu weisen. Empfindet doch schon jeder an gute, reine Zimmerluft Gewöhnte eine derart verschlechterte Luft zum mindesten als unangenehm, wo nicht als unerträglich, so dass oft die festeste Willenskraft dazu gehört, in einem solchen Raume längere Zeit zu verweilen.

Weit wichtiger ist die Frage, in wieweit bei chronischem Aufenthalt in engen, nicht ventilirten Wohnungen die angehäuften „Toxine" der Ausscheidungsproducte schädigend auf den menschlichen Organismus wirken.

Ohne Zweifel liefert die durch die Summe aller Ausscheidungsproducte verschlechterte Binnenluft eine gewisse Disposition für eine grosse Zahl von Erkrankungen, welche durch Einführung von Ventilation oder unter dem Einfluss zuträglicher Luft (Landluft, See- und Gebirgsluft) gehoben oder doch gebessert werden, neben anderen mitwirkenden Momenten, wie Mangel an Sonnenlicht, unzweckmässige Ernährung, mangelnde oder einseitige Bewegung etc.

Ob und in wieweit die Exspirationsluft allein, ohne die das Resultat trübenden übrigen Ausscheidungen des Körpers durch Haut und Darm dabei betheiligt ist, lässt sich zur Zeit noch nicht entscheiden, da einerseits das Thierexperiment keine die Giftigkeit beweisenden Resultate lieferte, andererseits die durch die bisherigen Methoden gewonnenen Mengen organischer Substanz so gering waren, dass sie der chemischen Untersuchung unzugänglich waren.

Vielleicht gelingt es, durch Aufwendung noch grösseren Materiales bei der Herstellung der organ. Substanz einen eingehenderen Einblick in ihre chemische Natur zu gewinnen.

Für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit wie für die gütige Unterstützung bei derselben spreche ich meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Uffelmann meinen verbindlichsten Dank aus.

Der Verfasser.

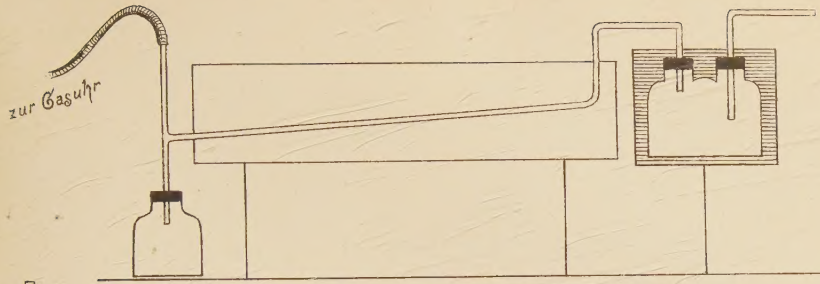

Fig. 1.

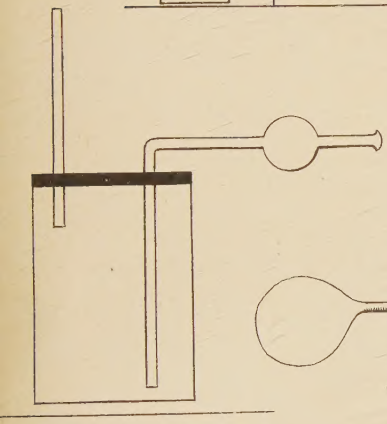

Fig. 2.

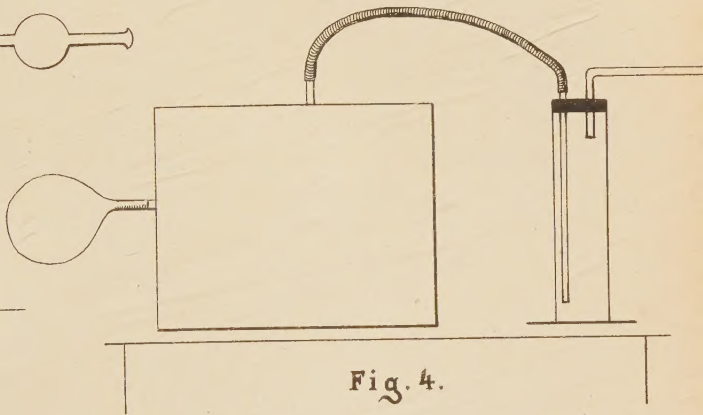

Fig. 4.

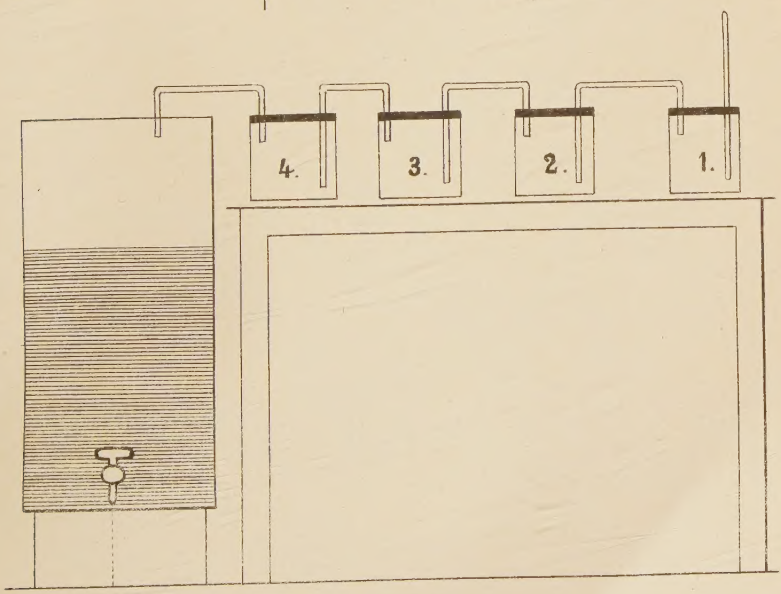

Fig. 3.